

篇名:演化中的變速箱

作者:

張君豪。國立海山高工。汽車二年乙班

林郁傑。國立海山高工。汽車二年乙班

葉泰宏。國立海山高工。汽車二年乙班

指導老師:

李峯松老師

●前言

隨著車輛工業及電子工業的蓬勃發展，車輛與電子科技的高度結合已成為現今市場的主要趨勢，現今車內舉凡排檔、雨刷、電動窗、後照鏡、及衛星定位系統等，皆結合智慧型電子控制器模組，由此可見，傳統的機械功能已不能滿足廣大的客戶需求，因此一輛具備著安全、舒適、及環保的高度電子化車輛，已成為今日汽車工業主要的發展趨勢。

汽車在起步加速時須要比較大的驅動力，此時車輛的速度低，而引擎卻必須以較高的轉速來輸出較大的動力。當速度逐漸加快之後，汽車所須要的行駛動力也逐漸降底，這時候引擎只要以降低轉速來減少動力的輸出，即可提供汽車足夠的動力。汽車的速度在由低到高的過程中，引擎的轉速卻是由高變到低，要如何解決矛盾現象呢？於是通稱為「變速箱」的這種可以改變引擎與車輪之間換轉差異的裝置為此而生。

然而，變速箱是企業傳動系統的一個重要組件，它直接關係到整個汽車的運行狀態，成為汽車的第二顆心臟，由此可知，變速箱在汽車演化中過程中扮演不可或缺的角色。

反觀過去傳統的汽車變速方式，主要以手排變速為主，但因其排檔須透過手腳的搭配來達到變速，為了減少市區行車和交通擁塞路段頻頻操作離合器踏板與油門踏板以進行手排檔變速箱的換檔操作之苦惱，以及改善駕駛操作之困難度，故台灣地區於近十年來，自排小轎車大量暢銷，市場佔有率從原先之 1：9 變為 9：1，也因如此自動變速箱之設計、創新改良有其緊迫之需。本專題欲透過文獻的蒐集與彙整，了解變速箱的演化過程，進而提出未來變速箱的可能發展，供汽車業者於研發上之參考。

貳●正文

汽車變速箱的功能是用於轉變發動機曲軸的轉矩及轉速，以適應汽車在起步、加速、行駛、以及克服各種道路障礙等不同行駛條件下對驅動車輪牽引力及車速的不同要求，而這種低的車速只靠內燃機的最低穩定轉速事難以達到的。變速器的倒檔，可使汽車倒退行駛；而空檔可使汽車在起動發動機、停車和滑行時能長時間將發動機與傳動系統分離。一般來說，不同類型的汽車具有不同的變速箱結構，但是，從機件種類來說，變速箱通常都是由多個齒輪、軸承、軸及機體等多個部件組合而成的(註一)。

變速箱為因操作上的需求而有「手動變速箱」與「自動變速箱」二種系統，

這二種變速箱的做動方式也不相同。近年來由於消費者的需求以及技術的進步，汽車廠開發稱為「手自排變速箱」的可以手動操作的自動變速箱；此外汽車廠也為高性能的車輛開發出稱為「自手排變速箱」的附有自動操作功能的手動變速箱。目前的 F1 賽車全面使用「自手排變速箱」，因此使用此類型手動變速箱的車輛均標榜採用來自 F1 的科技。以下為本專題透過國家圖書館博碩士論文，以及 google 學術搜尋找尋的五篇文獻，閱讀後，進行彙整，於下一一介紹手排變速箱與自動變速箱之演進、種類、與構造。

一、手排變速箱的種類及構造介紹

在手動變速系統裡面含有離合器、手動變速箱二個主要部份。離合器：是用來將引擎的動力傳到變速箱的機構，利用磨擦片的磨擦來傳遞動力。一般車型所使用的離合器只有二片磨擦片，而賽車和載重車輛則使用具有更多磨擦片的離合器。離合器還有乾式與濕式二種，濕式離合器目前幾乎不再被使用於汽車上面。手動變速箱：以手動方式操作變速箱去做變換檔位的動作，使手動變速箱內的輸入軸和輸出軸上的齒輪嚙合。多組不同齒數的齒輪搭配嚙合之後，便可產生多種減速的比率。目前的手動變速箱均是使用同步齒輪的嚙合機構，使換檔的操作更加的簡易，換檔的平順性也更好。

透過google學術搜尋發現一篇手動變速箱介紹的網頁，本專題彙整該網頁介紹之內容可知，手動變速箱可由最早期的滑動齒輪式變速箱、永嚙式變速箱及現今廣泛使用的同步式變速箱。茲將各變速箱的構造分述如下(註二)：

1、滑動齒輪式變速箱(Sliding-gear Transmission)：

滑動齒輪式變速箱的構造包括有離合器軸、副軸、主軸與倒檔軸四根軸，如圖2-1 所示。

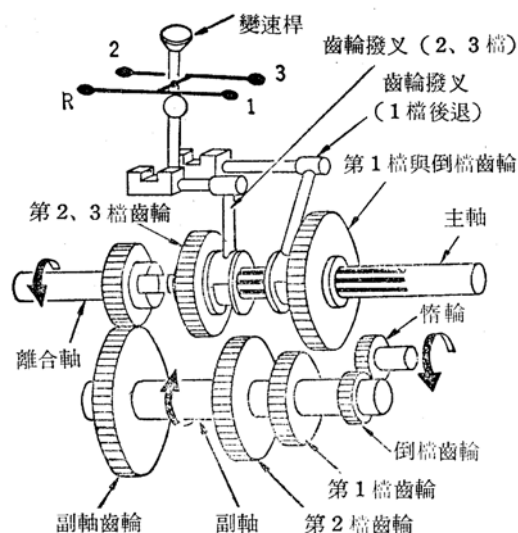


圖 2-1 滑動齒輪式變速箱的構造

離合器軸(Clutch Shaft)：係接受引擎動力經由離合器傳到變速箱，是一根主動軸，永遠隨離合器片而運轉。其軸上之齒輪稱為離合器軸齒輪，軸上的齒輪比副軸齒輪小，以得減速的作用。副軸(Counter Shaft)：用來變換速度和連接離合器軸與主軸以及改變傳輸方向。其軸上齒輪的排列是由大而小，且每只齒輪均與副軸製成一體或用銷子固定在軸上，因此每只齒輪的轉速均相同。主軸(Main Shaft)：是一根被動軸，變速箱的動力是由此軸傳出。軸上齒輪的排列是由小而大，主軸上有齒槽容許主軸齒輪作左右移動，因此稱為變速軸。齒輪之外側有凹槽與變速撥叉配合作齒輪移動之用，以使與副軸上的齒輪相嚙合。倒檔軸(Reverse Shaft)：軸上有倒檔齒輪，其作用等於惰齒輪，僅用來改變傳輸方向而不會改變減速比。四根軸間的相互關係；離合器軸之齒輪永遠與副軸齒輪相嚙合，主軸與離合器軸同在一直線上，而與副軸成平行。因此主軸的旋轉作用是受副軸影響之。當離合器接合車輛作行駛時，離合器軸接受了引擎傳來的動力而開始旋轉，進而帶動副軸及副軸檔數齒輪，再帶動主軸的檔數齒輪，而由主軸將動力輸出。

- 滑動齒輪式變速箱所使用的齒輪均為直齒輪，其優點為構造簡單、重量與體積小、故障少、製造成本低；缺點為兩齒輪為點、線接觸，變速時易生齒輪碰撞，造成變速困難，且變速時需使用兩腳離合器(即作採放離合器兩次的動作才完成換檔)。使用兩腳離合器的目的是使兩嚙合齒輪的周邊線速度相同，使兩齒輪的嚙合作用能夠圓滑，減少換檔噪音。

2、永嚙式變速箱(Constant-mesh Transmission)

圖2-1為永嚙式變速箱與滑動齒輪式變速箱的構造同樣具有離合器軸、副軸、主軸及倒檔軸，所不同的是主軸的檔數齒輪除了倒檔使用直齒輪外，其它均

採用螺旋齒輪，主軸上二檔以上的齒輪沒有齒槽，而是用銅套(或針型軸承)與主軸相連接，且隨副軸上的檔數齒輪成永嚙接合並一起旋轉。但齒輪側推力大，為其缺點。且一檔及倒檔齒輪上使用直齒輪，換檔須使用兩腳離合器，故現今車輛已淘汰不用。

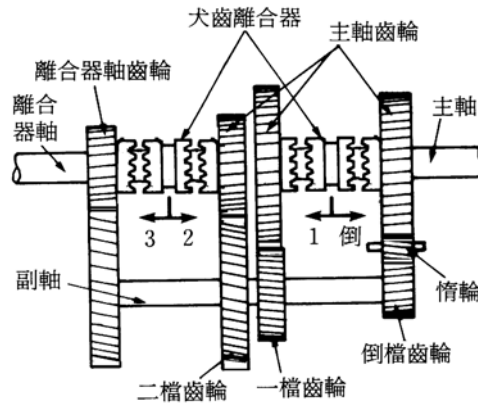


圖2-2 永嚙式變速箱的構造

3、同步齒輪式變速箱 (Synchrony-mesh Transmission)

以鍵式為例，其與永嚙式變速箱之不同，是在犬齒接合器與齒輪之間裝有同步調節裝置。與副軸嚙合的主軸檔數齒輪是用銅套(或針型軸承)與主軸相連接，變速箱未作用時(空檔)主軸齒輪在軸上是可以自由空轉旋轉的、摩擦齒與主軸檔數齒輪製成一體、主軸檔數齒輪上有錐體，在錐體面上裝有銅錐環、銅錐環在錐體面上可自由旋轉，且內側有溝槽以便與錐體面產生摩擦作用、中心齒殼內齒槽與主軸相連，外側齒槽則連於同步齒套，同步齒套內側之齒槽與中心齒殼相連，外側的凹槽則連於變速撥叉(表2-1)。

表2-1 前進四檔鍵式同步齒輪變速箱與鍵式同步變速器之比較表

<p>➤ 前進四檔鍵式同步齒輪變速箱</p>	<p>➤ 鍵式同步變速器</p>
------------------------	------------------

二、自動變速箱的種類與構造介紹

如前所述變速箱有改變引擎輸出扭力的特性，而手動變速箱的車輛確有傳遞扭力確實的優點，但是車輛在各種不同的引擎轉速、車速及路況，駕駛員必須隨時隨地隨著車速及路況之不同，來操作變速桿以達到車輛最佳的行駛狀態，實有感操作不便之處。因此第二次世界大戰後，經過了各國車廠努力研發後，自動變速箱現今已廣泛的使用於大小型的客車上。自動變速箱是利用液壓的傳輸原理而產生變速的作用，行車中不須要踩離合器踏板就可以自動換檔，使駕駛車輛更為容易，且可以減少駕駛員的疲勞。

自動變速箱(Automatic transmission, 簡稱 AT)以輪系機構為主體，並搭配扭矩轉換器(Torque converter)、離合器(Clutch)、與制動器(Brake)之控制系統所組成；此變速箱為使汽車能根據車速的改變，而自動變換引擎傳達至差速器(Differential)之傳動軸間的轉速比，欲改善手動變速箱在因應不同路況需求的複雜性，透過 google 學術搜尋發現一篇自動變速箱介紹的網頁，本專題彙整該網頁介紹之內容，綜觀自動變速箱之種類與構造(註五)。

1、自動變速箱的種類：

車輛所使用的自動變速箱種類相當的多，然目前國內車輛所使用的有行星齒輪組式自動變速箱(如海得羅曼帝克、3AT、4AT 等)、永嚙式自動變速箱(本田車系)及無段自動變速箱(CVT)。

2、自動變速箱的構造：

行星齒輪組式自動變速箱(如海得羅曼帝克、3AT、4AT 等)的構造包括有液體離合器、液壓控制系統及行星齒輪組；永嚙式自動變速箱的構造包括有液體離合器、液壓控制系統及嚙合齒輪組；無段自動變速箱(CVT)的構造則包括有電磁離合器、前進與後退變換裝置、帶輪及其鋼帶等。

自動變速箱已廣泛使用於各種汽車，早期的自動變速箱是使用於高級豪華汽車，今日自動變速箱已普及於一般大眾運輸工具，甚至大型卡車、巴士及 4WD 汽車。目前自動變速箱與手動變速箱的使用比例各占 80%、20%，由此可知，自動變速箱佔有絕對的優勢。配備自動變速箱之汽車，駕駛者不必經常踩放離合器換檔，自動變速箱本身能依引擎負荷及車速而適時換檔。

根據羅敬凱(2005)彙整之自動變速箱演進可知，自動變速箱的發展始於 1905 年 Fottinger 為使蒸汽渦輪機的高轉速輸出轉變為船舶推進器所需的低轉速，所

發展出的液體扭矩轉換器(Hydraulic torqueconverter)；後來爲了緩和引擎的輸出對於傳動軸的振動與衝擊，又發明了液體聯結器(Liquid coupling)。前者僅能傳輸動力而不能增大輸出扭矩；而後者本身爲一個減速器，雖使輸出扭矩增大，但輸出轉速卻因而減小。

1926 年 Coats 發明兼具兩者功能的液體扭矩轉換聯結器(Fluid torque converter coupling)，實際將 Föttinger 的發明應用於汽車傳動系統上。隨後德國 Klein Schanzlin 公司在 1934 年柏林汽車博覽會推出 Trilok 扭矩轉換器，成爲今日汽車扭矩轉換器之先驅。1939 年美國 GM(General Motor)公司的 Oldsmobile 開始設計製造自動變速箱 Hydra-Matic，利用液體聯結器以及可提供三個不同前進轉速比的二組五桿行星齒輪系，和提供一個後退轉速比的第三組五桿行星齒輪系所構成。發展成功後許多車種紛紛加以採用，如 1948 年的 Pontiac、1949 年的 Nash、Kaiser、Lincoln 以及 1950 年的 Hudson。1948 年 Buick Dynaflo 利用三級的扭矩轉換器，配合著二個不同前進轉速比，以及一個後退轉速比的行星齒輪系，成功地發展出一個二檔的自動變速箱。其後又有 1949 年的 Ford-Mercury、1950 年的 Chevrolet 和 Powerglide，以及 1953 年的 Borg-Warner，利用不同的輪系，以產生不同的檔位。

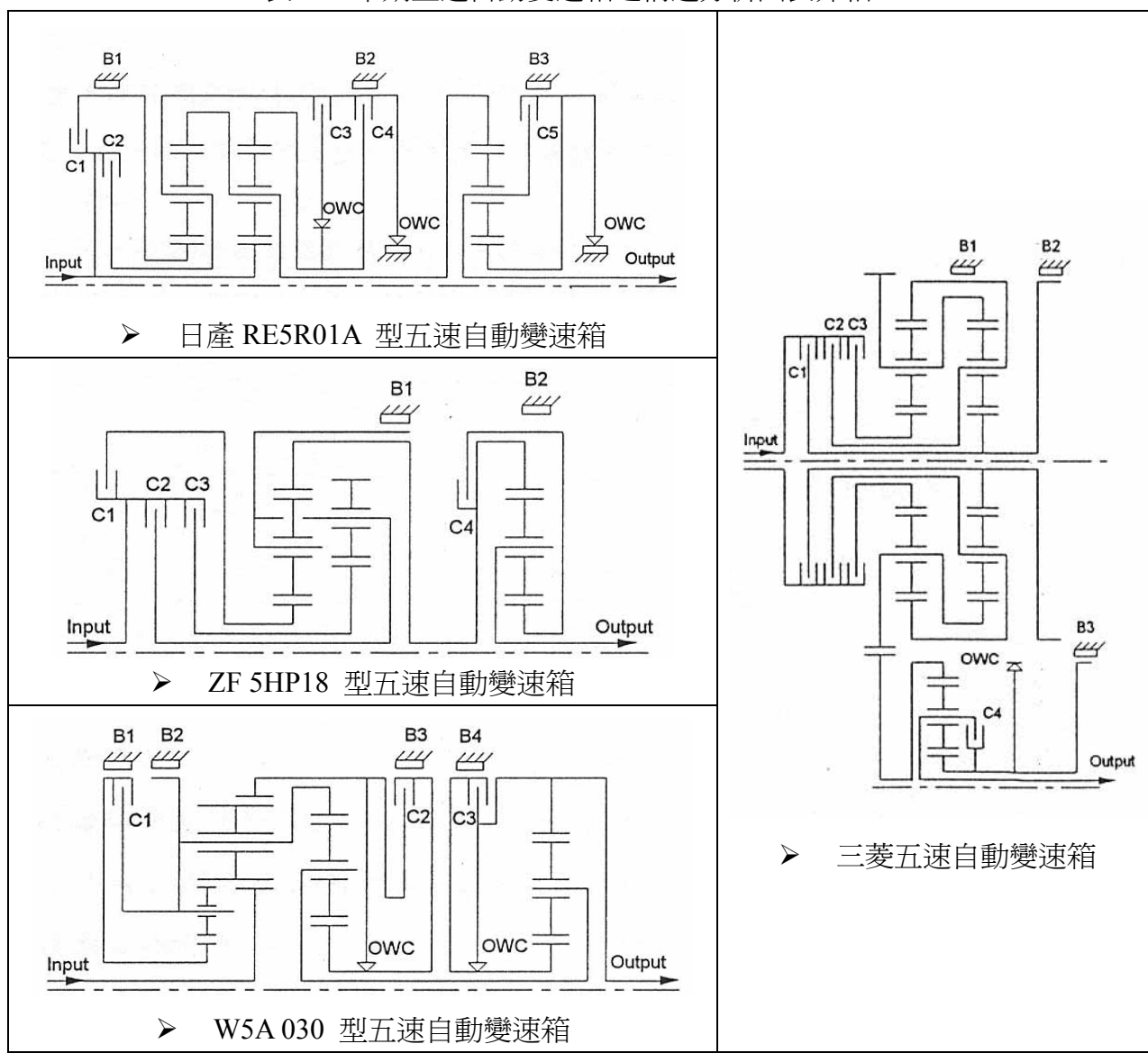
1950 年代，全世界第一具二速自動變速箱誕生，給予車廠與駕駛人帶來不小的震撼，然而駕駛人長久養成的用車習慣，以及對於新技術的不安定感，致使當時三速手排變速箱，穩坐主流汽車之王位；自排車的問世猶如夜空中一顆辰星，伴在皓月般的手排車身邊，吸引不了眾人的目光，看似螳臂擋車，卻爲兩者日後猛烈戰火埋下引信。之後經過約莫三十年的演進，自排車升級至使用三速自動變速箱，而手排車亦不讓賢地提升至四個檔位，三十年的努力成就自排車瓜分汽車市場的能力，但此時的自排車仍有許多令人詬病之處，諸如油耗性不佳、性能差、檔位切換不平順，最糟的是自動變速箱維修所費不貲，相形之下，手排車大幅領先之地位依舊沈穩。

時至 1980 年代中期，自排車之發展突飛猛進，配備四速自動變速箱力求與手排車抗衡，這時候的自動變速箱技術已穩定成熟，自排車不再處於激烈競爭下的絕對弱勢；相隔數年，五速自動變速箱開發成功，搭配新型扭矩轉換器和電子化控制的傳動系統，大幅降低了傳動過程中的動力損失，並提高換檔時的平順性，自排車搖身一變成爲駕駛人的新寵。到了 2001 年，德國變速箱龍頭大廠 ZF 首度發表名爲「6HP26」之六速自動變速箱，許多歐洲高級車款如 BMW 之 7 系列、Jaguar 之 X-TYPE 等紛紛採用該款六速自動變速箱，另外 Audi 的 A4 與 A8 則是搭載由 CVT(Continuously Variable Transmission)改良衍生之「Multitronic」六速手自排變速系統，至此自排車正式進入六速的時代。同樣身爲歐洲高級名車的 Mercedes-Benz，直至 2003 年以前，全車款都還是配備五速自

動變速箱，讓人有技術落後的錯覺，不過在 2003 年秋季，Mercedes-Benz 發表自行研發名為「7G-Tronic」的七速自動變速箱，並將其列為 E500、S430、S500、CL500、SL500 等八缸以上車款之標準配備。

早期裝配於汽車之五速自動變速箱，多屬於由四速自動變速箱外加一組基本行星齒輪系所組成，分別為日產(Nissan)RE5R01A、BMW ZF 5HP18、Mercedes-Benz W5A 030 與三菱(Mitsubishi)的五速自動變速箱，其總桿數、自由度、離合器數與制動器數如表 2-2 所示；因額外增加一組基本行星齒輪系，使得整體輪系構造總桿數均在 10 以上，造成自動變速箱體積變大，這樣的自動變速箱難以應用在引擎室較小的車型上；每一個自動變速箱自由度都在三以上，其離合器與制動器的控制系統，會比以往普遍為二自由度的四速自動變速箱複雜許多，如此製造成本必然上升並傷害競爭優勢。

表 2-2 早期五速自動變速箱之構造分析圖表介紹



型式	總桿數	自由度	離合器數	制動器數
RE5R01A	11	4	5	3
ZF 5HP18	10	4	4	2
W5A 030	13	4	3	4
三菱	11	3	4	3

三、變速箱的現況分析

對手動變速箱而言，換檔操作有五個動作，即離開加油踏板，接著踩下離合器踏板，移動排檔桿，再放離合器踏板，然後踩加油踏板等，其手腳配合的運動數，實在相當驚人，若再碰上交通阻塞，走走停停，對駕駛體力的消耗非常大。

而駕駛自動變速箱的汽車，在市區行駛時，選擇桿永在常用的行駛，備需在油門踏板及煞車踏板互換控制，雙手握住方向盤，能全神貫注於路況，其方便及舒適性非手動變速箱能及。

另外動力傳遞的切離若是利用離合器，則在爬坡急彎時，容易造成車速下降而失去控制，也是手動變速箱的一個主要問題。

但自動變速箱較適用於高馬力引擎，原因是目前自動變速箱的主流是採用液體接合器或液體矩變換器來代替離合器，但接合器或變換器的傳遞效率都不高，造成馬力的損失。故現代電子控制式自動變速箱，在液體接合器中裝置直結離合器，在一定車速時，使液體接合器連結成一體，以提高傳遞效率，減少馬力之損失。

另一原因是液壓控制式自動變速箱，必須設有油壓泵，油壓泵消耗的馬力是受轉速支配，不是依驅動扭矩而定，故大馬力或小馬力引擎油壓泵消耗的馬力無大小之分，對小馬力引擎而言是相當不動的。但小馬力引擎汽車有其市區或短程行駛的各種便利性，故現今已廣為採用，並逐近年來，漸使用自動變速箱，如傳統液壓控制式、電子控制液壓控制式及電子控制電磁離合器式等。

許多原是日本(Toyota、Honda、Mitsubishi)或美國(Ford)的進口車，在台灣設置生產線，這些原本屬於中高階的汽車，轉變為較平民化的國產車，當中只有本田(Honda)的 Accord 全車系配備五速自動變速箱，以及豐田(Toyota)的 Camry 3.0 使用五速自動變速箱外，其餘車種仍沿用 1980 年代的主力四速自動變速箱，相較之下，與世界汽車產業技術的潮流有段不小的距離；儘管如此，今日台灣的道路業已難尋手排車之蹤跡，自排車幾乎吞噬整個汽車市場，加上智慧型電子控制系統之輔助，提升汽車行駛的順暢性，以及駕駛時的舒適性，令國內外多數車廠紛紛停產手排車，由此可見，自動變速箱發展之重要性。

雖然自動變速箱已成為目前趨勢，但仍有其缺點存在，本專題彙整自動變速箱之優缺點如下。

表 2-3 自動變速箱之優缺點比較

優點	缺點
<ol style="list-style-type: none"> 1. 自動換檔，省去操作離合器踏板及排檔桿的麻煩，減少駕駛人的疲勞至最大限度。 2. 依路面狀況，於最適當時機，自動平滑的變換齒輪比，故駕駛員不必精通繁雜的操作技巧。 3. 起步、加速或減速，均較為平滑順暢，增加乘坐汽車的舒適性。 4. 引擎與車輛不是由固體機件連接，故無論何種情況，皆可使用引擎的最大動力，不像齒輪式變速箱，引擎轉速會受車速的影響。 5. 液體傳動部份，使引擎與驅動軸間的扭振減少至最小，故引擎、變速箱壽命均可延長，並避免引擎及傳動系統過負荷。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 耗油，在無鎖定狀態時，變換器的傳遞效率無法達到 100%。 2. 自動變速箱本身摩擦馬力的消耗較大。 3. 多數自動速箱在怠速，選擇桿於 D 檔時，必須踩住煞車踏板，車輛才不會向前滑行；而在空調增速時，踩踏力量必須大，才能防止車輛移動。 4. 引擎煞車性能較差，致煞車片壽命也縮短。 5. 無法以推車發動引擎。 6. 價格較貴。保養及修理費用較高。

四、變速箱的未來發展

行車時為了減輕自動換檔過程之抖震，以及更能適應各種不同之操作習性與路況，根據戴主修(2004)針對車用自動變速箱之改良，提出以下六種方法：

1. 將自動變速箱 內部各油壓元件的動作，透過車輛動力傳動系統(Powertrain System)的各種電腦精密計算與設計，使各檔位之多片式離合器或制動器之作用平順圓滑。
2. 將自動換檔之前進檔位數目增加，比如將前進檔 D 由 4 檔改為 5 檔或 6 檔甚至 7 檔，以及各檔減速比與扭力比相差不可太大，並能與引擎轉速、車速及駕駛操作習性匹配良好。
3. 利用自動變速箱 電腦控制系統來精確控制各電磁閥的作動正時與油壓，使各檔位的換檔點(Shift Point)，能隨不同路況與不同駕駛操作習性而精準變換，使自動換檔的抖震減到最小。
4. 將液體扭力變換接合器內部加裝鎖定離合器裝置(Lock Up Clutch 或簡稱

DCC)並且由自動變速箱 電腦控制，使動力之傳遞滑差減至最小，亦可隨自動變速箱 F 溫度與車速、檔位決定要使用多少%的 Duty R 自動變速箱 io 鎖定，節省燃料之消耗與行車之噪音。

5. 將自動變速箱的液壓控制系統精簡，有關控制盡量由自動變速箱 電腦取代，甚至為提升換檔品質達到較為人性化控制，自動變速箱 電腦本身也不斷改良，比如和引擎電腦連線或整合成一體，以便於換檔過程使點火正時自動延遲或噴油量減少，目的在降低引擎輸出扭力，減少換檔的抖震現象。
6. 六、 駕駛自排車時，為了行車中有換檔操作的感覺，且又擬模仿跑車手排換檔的行車樂趣，現已有一部份自排車在選擇桿處增加手排操作部分，亦即手自排變速箱。此種變速箱的特徵是自動變速箱本體內部零件與同型式之「非手自排變速箱」完全相同，但其電腦控制系統卻有異，且更具人性化與智慧控制。

參●結論

為提升自動變速箱的換檔品質，本專案認為未來於前進檔位 D 會繼續朝多檔化發展設計，如 7 檔或 8 檔以上，使各檔之減速比差距減少，則自動換檔過程因各檔的輸出扭力差距減少而引起的抖震將會減少，且行車性能將會更好，尤其在市區與上下坡路段的行車。且為了精簡液壓系統、使更具人性化控制與方便故障診斷及故障檢修等，則電腦控制系統之功能將會再繼續加強，甚至設計成更有學習、記憶、回想、辨識、警示等多功能之電腦控制系統。

舉例而言，可發展智慧型自動變速箱，當駕駛者行駛於高速公路時，為了行車的舒適感，可透過智慧型儀表板自動控制速度，讓駕駛者與乘車者皆有良好的乘車品質。亦讓新手駕駛者無須擔心換檔的問題，使汽車更加人性化。

肆●引註資料

註一：覃曉群、陳松界(2008)，汽車變速箱嵌入式診斷系統設計與實現，計算技術與自動化學報，27(1)，pp.21-24。

註二：<http://www.tyai.tyc.edu.tw/am/mtkao/file/car/c/car-c3.pdf>

註三：羅敬凱(2005)，自動變速箱行星齒輪系之構造合成與自動繪製，成功大學機械工程學系碩士論文。

註四：戴主修(2004)，自動變速箱油壓控制系統之參數辨識與故障診斷之研究，崑山科技大學機械工程系碩士論文。

註五：<http://www.tyai.tyc.edu.tw/am/mtkao/file/car/c/car-c4.pdf>